



ANNALES

**CONFÉRENCE INTERNATIONALE
SUR LES RAVAGEURS
EN AGRICULTURE**

**INTERNATIONAL CONFERENCE
ON PESTS IN AGRICULTURE**

TOME III

7-8-9 décembre 1993

le Corum - Montpellier

ANPP - TROISIEME CONFERENCE INTERNATIONALE SUR LES
RAVAGEURS EN AGRICULTURE
MONTPELLIER 7-8-9 DECEMBRE 1993

LUTTE INTEGREE CONTRE LES FOREURS
DES CEREALES TROPICALES :
EVALUATION DE LA RESISTANCE VARIETALE AUX RAVAGEURS

M. BETBEDER-MATIBET, R. GOEBEL et A. RATNADASS

CIRAD-CA, Unité de Recherche d'Entomologie Appliquée

RESUME:

Les conditions agronomiques et économiques de production des céréales en Afrique (riz, maïs, sorgho) conduisent à privilégier, dans le cadre de la lutte intégrée contre les foreurs des tiges, la voie de la résistance ou de la tolérance variétale à ces ravageurs. Cette option suppose une bonne connaissance des mécanismes d'infestation des cultures et la maîtrise des moyens d'évaluation de la résistance de la plante hôte aux insectes. L'article présente quelques cas d'études concernant trois foreurs africains : *Busseola fusca*, *Sesamia calamistis* et *Eldana saccharina* et un foreur asiatique et européen : *Chilo suppressalis*.

Mots-clés: Céréale tropicale, foreur des tiges, résistance variétale, technique d'évaluation, dynamique des populations.

SUMMARY:

INTEGRATED MANAGEMENT OF TROPICAL CEREALS STEM BORERS :
ASSESSMENT OF VARIETAL RESISTANCE TO THESE PESTS

Agronomic and economic conditions of the cereal production in Africa (rice, maize, sorghum) lead experts to consider host plant resistance as the most promising option for IPM of stem borers. This option pre-supposes a good knowledge of crop infestation mechanisms, and the availability of reliable criteria for assessing varietal resistance to these pests. This paper presents some studies on three African stem borers (*Busseola fusca*, *Sesamia calamistis* and *Eldana saccharina*), and one Asian and European stem borer (*Chilo suppressalis*).

Key Words: Tropical cereal, stem borer, varietal resistance, assessment technique, population dynamics.

INTRODUCTION

Quatre principales céréales sont produites dans les régions chaudes : le riz, le maïs, le sorgho et le mil. En Afrique, 15 à 20 millions d'hectares sont cultivés en mil, presque autant en sorgho, 20 à 25 millions d'hectares en maïs et seulement un peu plus de 5 millions en riz. Sur ce continent, la quasi totalité des surfaces ne bénéficient que d'un minimum d'intrants. En moyenne le sorgho et le mil ont un rendement à l'hectare inférieure à la tonne, le maïs et le riz entre une tonne et 15 quintaux. Dans la plupart des pays d'Afrique les productions céréalières assurent surtout la subsistance des populations mais n'apportent généralement pas de revenu monétaire. Les paysans ont donc pour principal objectif celui d'un rendement aussi stable que possible.

Dans ce contexte africain, qui est aussi celui de beaucoup d'autres régions du Sud (Inde, Sud-Est asiatique, Amérique du Sud), un investissement monétaire dans du matériel de traitement et des produits insecticides trouve très rarement une justification. Aux niveaux de productivité cités plus haut, le surplus de récolte espéré de la protection chimique de la culture ne remboursera pas les traitements. C'est pourquoi les stratégies de lutte contre les insectes nuisibles aux céréales tropicales s'appuient davantage, dans les pays en voie de développement, sur les effets conjugués des techniques culturales, du maintien ou du renforcement des populations de parasitoïdes, prédateurs et agents pathogènes, et de la sélection de matériel végétal résistant ou tolérant, plutôt que sur la lutte chimique curative (BETBEDER-MATIBET, 1986).

D'ailleurs, quand celle-ci peut s'avérer rentable, par exemple en riziculture irriguée où les potentiels de rendement sont beaucoup plus élevés, on se heurte souvent à la nécessité de répéter les applications insecticides, ce qui entraîne l'apparition progressive de résistances des insectes aux matières actives.

Depuis de nombreuses années les laboratoires d'entomologie des cultures vivrières du CIRAD conduisent des travaux ayant pour objectif l'évaluation de méthodes alternatives adaptées au contexte agricole africain. Aujourd'hui, l'accent est mis sur la recherche des conditions agronomiques et génétiques dans lesquelles la plante cultivée peut assurer, au moins partiellement, son autodéfense. Cette approche nécessite d'une part l'analyse des situations écologiques (comportement, dynamique des populations de ravageurs dans les cultures...), d'autre part la mise au point de techniques fiables d'identification et de mesure de la résistance dans les ressources génétiques que les généticiens souhaitent exploiter en sélection, ou dans du matériel déjà fixé. Le développement des outils de la biotechnologie, dont la transgénèse avec *Bacillus thuringiensis*, nous conduit aussi à développer les techniques de mesure du comportement des ravageurs vis à vis de nouvelles molécules insecticides (toxines de champignons ou de bactéries notamment).

Nous présentons ici quelques exemples de travaux répondant à cette nouvelle orientation.

MATERIEL ET METHODES

1. Identité des ravageurs

Quatre espèces de foreurs des tiges et de défoliateurs sont concernées.

. *Sesamia calamistis*, noctuelle africaine du riz, du maïs et du sorgho, dont le principal dégât (coeur mort) entraîne la mort des jeunes plants par destruction du bourgeon terminal.

. *Busseola fusca*, noctuelle africaine du sorgho et du maïs dont les dégâts sont voisins de ceux de *S. calamistis*.

. *Eldana saccharina*, pyrale africaine du maïs et du sorgho, qui mine les entrenœuds des tiges et consomme les grains de maïs.

. *Chilo suppressalis*, pyrale du riz en Asie et en Europe du Sud (dont la Camargue), qui mine les tiges et entraîne la stérilité totale ou partielle de l'épi.

2. Elevage permanent des espèces en laboratoire

Trois espèces sur quatre peuvent être élevées en laboratoire sur le même milieu nutritif semi-artificiel (BORDAT *et al.*, 1977). Pour *B. fusca*, il est nécessaire d'y ajouter de la poudre de feuilles desséchées de jeunes plants de maïs ou de sorgho pour que les néonates se développent (OCHIENG'-ODERO *et al.*, 1991). Deux espèces, *B. fusca* et *C. suppressalis* entrent en diapause dans les conditions naturelles. *C. suppressalis* doit être élevé en permanence sous une photopériode de 18 heures pour empêcher son induction.

Ces élevages permanents permettent notamment d'assurer la production des lots de chenilles nécessaires aux infestations artificielles dans les parcelles expérimentales et aux bioessais dans les laboratoires.

3. Piégeage sexuel

L'étude de la dynamique des peuplements naturels a été entreprise sur deux espèces et dans deux sites :

S. calamistis dans la vallée du fleuve Sénégal sur cultures de maïs.

B. fusca dans la région de Bamako sur cultures de sorgho.

Les effectifs adultes ont été évalués par le piégeage phéromonal, sans difficulté particulière pour *B. fusca* (BF 063 A, Agrisense-BCS), sans succès pour *S. calamistis*, dont la phéromone expérimentée attire *Mythimna loreyi*, autre défoliateur du maïs. L'hypothèse de dialectes phéromonaux, caractéristiques de souches géographiques différentes chez une même espèce, est avancée (ZAGATTI, 1993).

4. Infestations artificielles au champ

Les travaux d'évaluation de la résistance des céréales aux foreurs et défoliateurs sont conduits en condition d'infestation naturelle ou artificielle dans des parcelles expérimentales. Sous infestation artificielle (BARROW, 1989), chaque plant testé reçoit un nombre défini de chenilles néonates, déposées en mélange avec des grits de maïs dans le cornet foliaire à l'aide d'un "bazooka" (entre 10 et 20 chenilles par plant, une fois ou plusieurs fois selon les espèces et l'objet de l'évaluation).

5. Evaluation des dégâts

Le tableau I ci-après résume les différents types de notation des dégâts réalisés dans les parcelles infestées, selon l'espèce de ravageur et la céréale hôte concernées. Ces notations mesurent soit la dynamique des populations des ravageurs dans les cultures, soit le comportement de la céréale quand elle est infestée par un foreur ou un défoliateur.

Tableau I - Nature et évaluation des dégâts de foreurs des céréales
Damage assessment of cereal stem borers

STADE PHENOLOGIQUE DE LA CEREALE	NATURE DES DEGATS	RAVAGEURS	EVALUATION DES DEGATS
Jeunes plants de maïs et sorgho (20-30 jours)	Consommation foliaire	<i>B. fusca</i>	Notation de 1 à 9* "
Jeunes plants de maïs et sorgho	"Coeurs morts"	<i>S. calamistis</i> <i>B. fusca</i>	% plants détruits "
Tallage	"Coeurs morts"	<i>C. suppressalis</i>	% talles détruits
Montaison du maïs et du sorgho	Entrenoeuds minés	<i>S. calamistis</i> <i>B. fusca</i> <i>E. saccharina</i>	% tiges cassées et % tiges minées
Montaison du riz	Talles minés	<i>C. suppressalis</i>	% talles minés
Epiaison du maïs	Grains consommés	<i>E. saccharina</i>	Notation de 1 à 5*
Epiaison du riz	Grains vides	<i>C. suppressalis</i>	% épis blancs
* Par ordre croissant de gravité (SHARMA et AL., 1992)			

6. Evaluations du comportement des ravageurs sur les plantes hôtes

Dans les évaluations de matériel végétal au champ, la non préférence des céréales pour les foreurs et défoliateurs est mesurée en termes de pourcentage de plants supportant des pontes ou en densité de pontes au m². L'antibiosis est évaluée en nombre de chenilles survivantes après infestation artificielle ou en biomasse de chenilles infestantes (poids moyen/plant de la population larvaire).

RESULTATS

A/ STATUT DES FOREURS SUR SORGHO ET MAÏS

1. Statut des foreurs dans des parcelles de sorgho au Mali

Entre 1990 et 1992, la répartition des espèces de foreurs a été analysée à Samanko (Mali) dans des parcelles semées entre le 15 juin et le 15 août et sondées de Septembre à Décembre (Tableau II). Les deux espèces dominantes sont *B. fusca* et *S. calamistis*.

Tableau II - Répartition des foreurs sur sorgho (Samanko-Mali)
Distribution of stem borers on sorghum (Samanko-Mali)

ANNEES	Total chenilles récoltées	POURCENTAGES		
		<i>B. fusca</i>	<i>S. calamistis</i>	<i>E. saccharina</i>
1990 Semis: 1-31/7 Sondages: 15/9-31/12	439	68 %	30 %	2 %
1991 Semis: 15/6-31/7 Sondages: 1/9-31/12	331	47 %	50 %	3 %
1992 Semis: 22/6-10/8 Sondages: 23/10-4/02	209	55 %	45 %	-

2. Statut des foreurs dans des parcelles de maïs au Sénégal

Au cours de l'hivernage, des cultures de maïs ont été sondées dans la vallée du fleuve Sénégal (Ndiol et Fanaye). La répartition des foreurs des tiges y a été observée entre le 40e et le 100e jour après la levée des plants (Tableau III).

Tableau III - Répartition des foreurs sur maïs dans la vallée du fleuve Sénégal
Distribution of maize stem borers in the valley of Senegal River

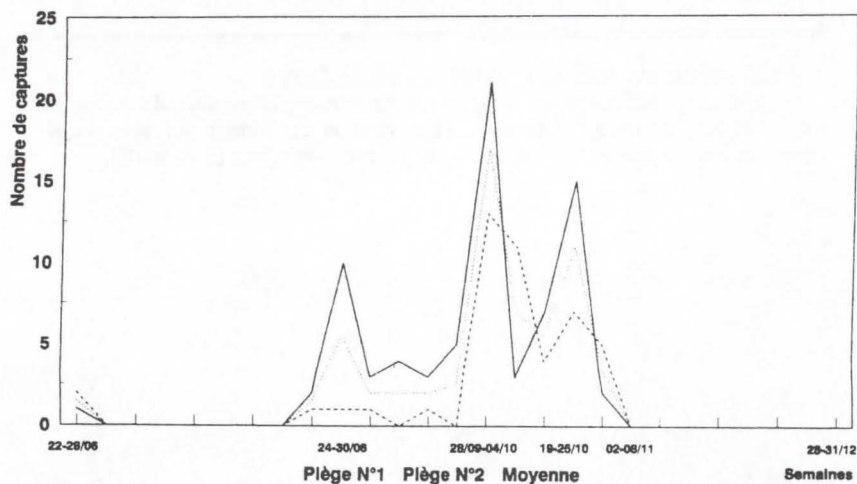
		DELAIS APRES LEVEE DU MAIS (Jours)			
		40e	60e	80e	100e
<u>NDIOL</u>					
Moyenne chenilles/100 plants		18	30,4	34,8	26,2
<i>E. saccharina</i> /100 plants		-	6,4	26,9	20,5
<i>S. calamistis</i> /100 plants		18	24,0	7,9	5,7
<u>FANAYE</u>					
Moyenne chenilles/100 plants		1,8	7,3	24,1	19,2
<i>E. saccharina</i> /100 plants		0,2	2,5	16,6	14,3
<i>S. calamistis</i> /100 plants		1,6	4,8	7,5	4,9

B/ DYNAMIQUE DES PEUPELEMENTS DE FOREURS DANS LES CULTURES

1. *B. fusca* sur sorgho au Mali

La dynamique des populations de mâles adultes de *B. fusca* a été observée par piégeage sexuel entre les mois de Mai et de Décembre à Samanko (pièges delta et diffuseurs de phéromones synthétiques BF063A). Les papillons ont été capturés entre Juin et Octobre (Figure 1).

Figure 1 - Dynamique des populations mâles de *B. fusca* : (Samanko, Mali, 1992)
Male population dynamics of *B. fusca* (Samanko, Mali, 1992)



2. *S. calamistis* sur maïs au Sénégal

Quatre doses (20 à 2000 mg) de la formulation : 75 % de Z11-16 : Ac + 25 % de Z9-14 : Ac ont été testées pour capturer *S. calamistis* (GOEBEL, 1993). *Mythimna loreyi* a été attiré mais pas *S. calamistis* bien que cette formulation attire efficacement cette dernière noctuelle ailleurs en Afrique. L'hypothèse que des races géographiques de la même espèce utilisent des phéromones suffisamment différentes pour que les mélanges synthétiques soient inefficaces est plausible car ce phénomène a déjà été observé sur d'autres pyrales ou noctuelles (*Chilo zacconius*, *Agrotis segetum*, *Spodoptera littoralis*).

C/ EVALUATION DU MATERIEL VEGETAL CEREALIER POUR SA RESISTANCE OU SA TOLERANCE AUX FOREURS

1. Sous infestation naturelle au champ : Cas de *C. suppressalis* en Camargue

Chaque variété testée comprend 3 lignes de 2,5 m de long. Deux générations successives infestent les rizières camarguaises. On note la précocité de l'attaque (au moins 2 panicules blanches) puis le pourcentage de tiges minées à la récolte. 250 à 300 variétés sont testées chaque année. 257 variétés ont subi le même test en 1991 et 1992 (CLEMENT, 1992).

Tableau IV - Distribution des variétés testées selon leur pourcentage de tiges minées par *C. suppressalis*
Distribution of varieties according to the percentage of mined stems by *C. suppressalis*

	POURCENTAGES DE TIGES ATTAQUEES						
	0	1-19	20-39	40-59	60-79	80-99	100
1991	21 %	19 %	17 %	11 %	8 %	13 %	11 %
1992	6 %	6 %	11 %	11 %	12 %	19 %	35 %

Comme l'indique le tableau IV, l'infestation a été beaucoup plus sévère en 1992 (35 % de variétés avec 100 % de tiges attaquées) qu'en 1991 (11 %). Seulement 12 variétés sont restées indemnes de dégâts en 1991 comme en 1992. 22 ont eu 100 % de tiges minées chacune des deux années.

2. Sous infestation artificielle au champ : Cas de *B. fusca* au Mali

Six entrées de la Pépinière internationale de criblage pour la résistance aux ravageurs des poussettes et des tiges de sorgho (ISSPN 1992 du Centre de l'ICRISAT en Inde) et le témoin local (CSM 388) ont été semés sur de petites parcelles. 4 semaines après la levée, 4 à 5 néonates de *B. fusca* ont été déposées dans chaque cornet foliaire. Les notations de dégâts foliaires, et de coeurs morts et de tiges minées figurent dans le tableau V.

Tableau V - Evaluation de la résistance à *B. fusca* de sept variétés de sorgho (ISSPN92) sous infestation artificielle
Assessment under artificial infestation of the resistance to *B. fusca* in seven sorghum cultivars of ISSPN 1992

Variétés	Note visuelle de dégâts foliaires (1 à 9)	% Coeurs morts	% Tiges présentant des galeries
A 25632	1,9 bc	16,7 b	16,7 c
PB 14687-1	2,1 bc	36,7 b	40,0 bc
PB 14698-2	1,5 c	10,0 b	23,3 c
S 37539-2-2	1,9 bc	40,0 b	43,3 bc
IS 2205	2,7 abc	40,0 b	43,3 bc
CSH 1	3,8 a	96,7 a	90,0 ab
CSM 388	3,2 ab	96,7 a	100,0 a
Test F	**	(***)	(**)
Moyenne	2,5	(45,8)	(47,6)
ETM	± 0,35	(± 7,37)	(± 9,69)
CV (%)	25	(28)	(35)

3. Sous infestation artificielle au laboratoire : Cas de *C. suppressalis* en France

Le comportement de plusieurs variétés de riz cultivées en Camargue vis à vis de *C. suppressalis* a été observé au laboratoire. Après infestation de jeunes plants de riz cultivés en pot avec des néonates du foreur, on a mesuré à échéances rapprochées (4, 10 et 18 jours après infestation) le taux de survie des chenilles, leur vitesse moyenne de développement et les délais de destruction du point végétatif des plants. Le tableau VI indique le bilan au 18e jour de l'infestation.

Tableau VI - Test en laboratoire de comportement variétal du riz vis à vis de *C. suppressalis*
Laboratory test with rice varieties and *C. suppressalis*

Variétés	Nbre Tiges soumises à l'infestation	Nbre Tiges mortes au 18ème jour	% tiges mortes	Pds moyen (mg) des chenilles infestantes au 18ème jour
Ballila 28	80	32	40 %	4,7
Ariete	68	54	79 %	5,0
Lido	79	70	89 %	0,9
Calendal	80	77	96 %	3,4
Thaïbonnet	77	41	53 %	3,2

DISCUSSION

Pour les raisons énoncées plus haut, la résistance variétale doit donc être privilégiée dans les stratégies de lutte intégrée contre les foreurs des tiges des céréales tropicales. Mais les critères de résistance ou de tolérance des cultures à ces ravageurs sont souvent mal connus, voire ignorés, et quand on les identifie, ils sont difficilement hiérarchisables. La cohorte des pyrales et noctuelles qui infestent, simultanément ou successivement, le riz, le maïs ou le sorgho pendant tout le cycle végétatif de la plante en régions tropicales, impose aux programmes de création variétale de prendre en compte des objectifs de multirésistance de la céréale aux foreurs. On sait d'autre part que la résistance est le plus souvent polygénique, compliquant les schémas de sélection. Devant ces difficultés, il est indispensable d'identifier avec certitude les sources de résistance (populations, lignées, familles etc...) qu'utiliseront les généticiens. Les dispositifs et méthodes de mesure du comportement de la plante vis à vis des ravageurs doivent donc être aussi fiables que possible. Une parfaite maîtrise des techniques d'infestation artificielle et le choix de moyens d'évaluation objective des dégâts commis sont des conditions indispensables pour y parvenir.

La tolérance des céréales aux foreurs des tiges devrait aussi pouvoir être correctement mesurée car la chute de productivité en grains de la céréale n'est pas nécessairement fonction de l'intensité des dégâts. Les ressources génétiques devraient donc être évaluées, non seulement aux stades phénologiques où les dégâts sont commis mais encore au moment de la récolte pour tenter d'estimer l'incidence économique réelle des ravageurs sur la production céréalière.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARROW M.R., 1989. Screening and breeding for resistance to *Busseola fusca*. 184-191 in Toward insect resistant maize for the third world. Proceedings of the International Symposium for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects, 9-14 Mars 1987, CIMMYT, Mexico.
- BETBEDER-MATIBET M., 1986. Principes de lutte intégrée contre les pyrales et noctuelles mineuses des tiges des céréales tropicales et de la canne à sucre en Afrique, à Madagascar et dans les Mascareignes. *Revue Zool. Afr.*, 100, 97-104.
- BORDAT D., BRENIERE J., COQUARD J., 1977. Foreurs des graminées africaines : Parasitisme et techniques d'élevage. *Agr. Trop.*, XXXII, 4, 391-399.
- CLEMENT G., 1992. Amélioration variétale du riz. CFR/INRA/CIRAD-CA, Rapport de synthèse 1992.
- GOEBEL R., 1993. Etude de l'efficacité de la phéromone sexuelle de *Sesamia calamistis* (Lepidoptera : Noctuidae), foreur du maïs dans la région du Fleuve Sénégal. Effet de l'attractif sur une autre noctuelle du maïs *Mythimna loreyi*. 12 p. Rapport final d'ATP/CIRAD "Mise au point d'avertissements agricoles par l'utilisation de pièges à phéromones".
- OCHIENG'-ODERO J.P.R., ONYANGO F.O., KILORI J.T., BUNGU M.D.O., AMBOGAE O., 1991. Insect rearing management as a prerequisite in the development of IPM for sustainable food production. *Insect Sci. Applic.* 12, 645-651.
- SHARMA H.C., TANEJA S.L., LEUSCHNER K., NWANZE K.F., 1992. Techniques to screen sorghums for resistance to insect pests. Information Bulletin no.32. ICRISAT, Patancheru, A.P., India. 48 p.
- ZAGATTI P., 1993. Mise au point d'avertissements agricoles par l'utilisation de pièges à phéromones. Compte rendu final d'ATP/CIRAD. N° 33/90.